

Аналіз розрахунку засобів з'єднання сталезалізобетонних конструкцій

Проведено аналіз розрахунку засобів з'єднання сталезалізобетонних конструкцій за різними методиками, він показав, що вони дають різні значення несучої здатності анкерів. Зроблено висновок про необхідність проведення експериментальних досліджень з метою отримання статистичних даних про несучу здатність анкерів сталезалізобетонних конструкцій для розробки на їх основі оптимального методу розрахунку анкерів.

залізобетон, арматура, стрижень, анкер

Прогрес у галузі будівельних конструкцій серед інших факторів полягає в пошуку нових сполучень сталі та бетону для їх спільної раціональної роботи в будівельних конструкціях. До таких конструкцій належить сталезалізобетон, до складу якого входять прокатні профілі, стрижнева арматура і бетон.

Характеризуючи сталезалізобетонні конструкції, варто зазначити, що їх міцність і надійність залежать не тільки від властивостей матеріалів – сталі й бетону, а й від елементів, що з'єднують сталеву та залізобетонну частини в єдиний переріз. Адже застосування з'єднувальних анкерів, гнучких і жорстких упорів недостатньої міцності та малої жорсткості зумовлює взаємне проковзування сталеві та залізобетонної частин перерізу, зменшує несучу здатність і збільшує прогини згинаючої конструкції. Найбільша несуча здатність і жорсткість комплексної сталезалізобетонної конструкції досягається, коли з'єднувальні елементи здатні повністю сприймати й передавати зсувні зусилля, що виникають між частинами перерізу. Тому, проектуючи сталезалізобетонні конструкції, особливу увагу звертають на забезпечення надійного та міцного взаємозв'язку частин перерізу. Проблема пошуку ефективних з'єднань сталі та бетону, для їхньої раціональної спільної роботи в будівельних конструкціях, на сьогоднішній час є актуальною.

Найбільш капітальні експериментальні дослідження роботи гнучких упорів (головним чином швелерного типу і звичайних круглих стрижнів з голівками) виконані в США і Англії. Результати американських досліджень підсумовані в Технічних умовах AASHTO і додаткових рекомендаціях, де для граничної зсуваючої сили, що сприймається гнучким упором, приведені емпіричні формули, отримані з умови обмеження залишкових деформацій зрушення після статичного загруження величиною 0,03" (0,076 мм).

Ці формули використані й у наших нормах [1] після перетворення стосовно до розрахунків по граничних станах, метричній системі мір і наших умов іспиту бетону. Таким чином, для розрахунку на міцність гнучких упорів рекомендуються наступні формули, що дають розрахункове зсуваюче зусилля T після підстановки усіх величин: для прокатних профілів:

$$T = 55(h' + 0,5 \delta) b_y \sqrt{R_{пр}} ; \quad (1)$$

для круглих стрижнів при: $d_y \leq 2,5$ см та $\frac{h_y}{d_y} \geq 4,2$ см

$$T = 100 d_y^2 \sqrt{R_{пр}} ; \quad (2)$$

для круглих стрижнів при: $d_y \leq 2,5 \text{ см}$ та $\frac{h_y}{d_y} < 4,2 \text{ см}$

$$T = 24 h_y d_y \sqrt{R_{\text{пр}}} . \quad (3)$$

Для круглих стрижнів з маловуглецевої сталі стали при плиті з високоміцного бетону введене додаткове обмеження:

$$T \leq 0,63 d_y^2 R_0 , \quad (4)$$

де R_0 — розрахунковий опір сталі стрижня при дії осевих сил. Цю перевірку можна трактувати, як умовну перевірку сталі на зріз при розрахунковому опорі зрізу $0,8 R_0$.

Є емпіричні обмеження величини багаторазового-повторного навантаження для деяких конкретних розмірів і умов роботи гнучких упорів. Однак у наших нормах розрахунки на витривалість для гнучких упорів і анкерів усіх видів поки де регламентуються. Передбачається, що ці розрахунки покриваються запасами, закладеними в розрахунки на міцність, зокрема, прийняттям появи незначної залишкової деформації зсуву величиною $0,076 \text{ мм}$ за граничний стан по міцності.

Німецькі норми рекомендували розраховувати похилі анкери тільки на розтяг, але приймаючи $N_a = T$. Вертикальні анкери згідно тим же джерелам розраховували тільки на зріз, приймаючи $Q_a = T$. В обох випадках несуча здатність з'єднання при зрушенні визначалася міцністю тільки сталі і не залежала від міцності бетону.

Приведемо обґрунтування нових формул, що впливають з досліджень [1] і рекомендованих СНиП “Мосты и трубы”[2]. Розглянемо роботу в бетоні під дією зсуваючої сили T анкера, нахилоного під кутом α , що має на кінці петлю чи гак, Уведемо наступні позначення зусиль:

$N_a = N_{3,T} + N_K$ — подовжнє розтягаюче зусилля в анкері біля його кореня; при цьому $N_{3,T}$ — зусилля, передане зчепленням і тертям, а N_K — зусилля, передане петлею чи гаком;
 $Q_a = Q_+ + Q_-$ — поперечна сила в анкері біля його кореня; при цьому Q_+ — тиск бетону, що зминається анкером біля кореня, а Q_- — зворотний тиск бетону, що защемляє анкер;

$V = N_a \cdot \sin \alpha + Q_a \cdot \cos \alpha$ — вертикальний відриваючий вплив анкера на сталевий пояс; при відсутності на плиті місцевого навантаження така ж, але притискаюча і розподілена по довжині сила V повинна з умов рівноваги передаватися з плити безпосередньо на сталевий пояс.

Сили тертя, що розвиваються під дією притискаючого зусилля V , а також безпосереднє зчеплення між плитою і сталевим поясом враховувати в розрахунку не будемо.

Тоді з умови рівноваги

$$T = N_a \cdot \cos \alpha + Q_a \cdot \sin \alpha .$$

Величини N_a і Q_a тут невідомі і залежать від відповідних податливостей. При великій поперечній піддатливості, тобто значних деформаціях місцевого зминання бетону, можливих при малому діаметрі анкера, слабкому бетоні і т.д. і при малій подовжній піддатливості, тобто гарному заанкерюванні, N_a буде збільшено за рахунок зменшення Q_a . При зворотному співвідношенні податливостей зворотним буде і співвідношення цих зусиль.

Відсутність точного рішення такої статично невизначеної задачі, взаємна залежність N_a та Q_a з можливістю їхнього перерозподілу і пружно-пластичний характер роботи з'єднання змушують вдатися до методу граничної рівноваги, тобто

прийняти, що граничний стан з'єднання настає тоді, коли обидва зусилля, N_a і Q_a досягають своїх граничних значень, відповідно $N_a^{\text{гран.}}$, $Q_a^{\text{гран.}}$. Таким чином

$$T_{\text{гран.}} = N_a^{\text{гран.}} \cdot \cos \alpha + Q_a^{\text{гран.}} \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

Рівність (5) може бути справедливою тільки при не дуже малих і не занадто великих кутах α . При дуже малих α важко припустити можливість виникнення граничного поперечного зусилля, а при дуже великих α (близьких до 90°) настільки ж важко припустити можливість виникнення граничного поздовжнього зусилля (якщо тільки не розглядати випадку дуже великих деформацій зрушення, після яких анкер починає працювати на зразок гнучкої нитки в бетоні). Однак ці обставини не мають великого практичного значення, оскільки при малих α малий $\sin \alpha$, і помилка в другому члені несуттєва, а при великому α малий $\cos \alpha$ і невеликий вплив помилки в першому члені.

У першому наближенні, ґрунтуючись на даних експериментів, можна прийняти $N_a^{\text{гран.}}$ як для стрижня, що працює тільки на розтяг, а $Q_a^{\text{гран.}}$ – як для гнучкого упора по формулах, аналогічним (2) і (4). Таким чином, незалежно одне від одного $N_a^{\text{гран.}} = F_a \cdot R_a$, а $Q_a^{\text{гран.}} = 100 \cdot d_a^2 \cdot \sqrt{R_{\text{пр.}}}$, але не більше $0,8 F_a \cdot R_a$.

Робота анкера на згин тут не враховується (як і для гнучкого упора). Останнє можна обґрунтувати розвантаженням кореневого перерізу від напруг згину при розвитку пластичних деформацій і переміщенні максимального згинаючого моменту в менш навантажений переріз анкера.

Відповідно до викладеного, зсуваюче зусилля T в кН, що приходить з розрахунку на міцність на один анкер чи на одну гілку петлевого анкера, обмежують наступними умовами:

$$T \leq F_a \cdot R_a \cdot \cos \alpha + 100 \cdot d_a^2 \cdot \sqrt{R_{\text{пр.}}} \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

$$T \leq F_a \cdot R_a \cdot (\cos \alpha + 0,8 \cdot \sin \alpha). \quad (7)$$

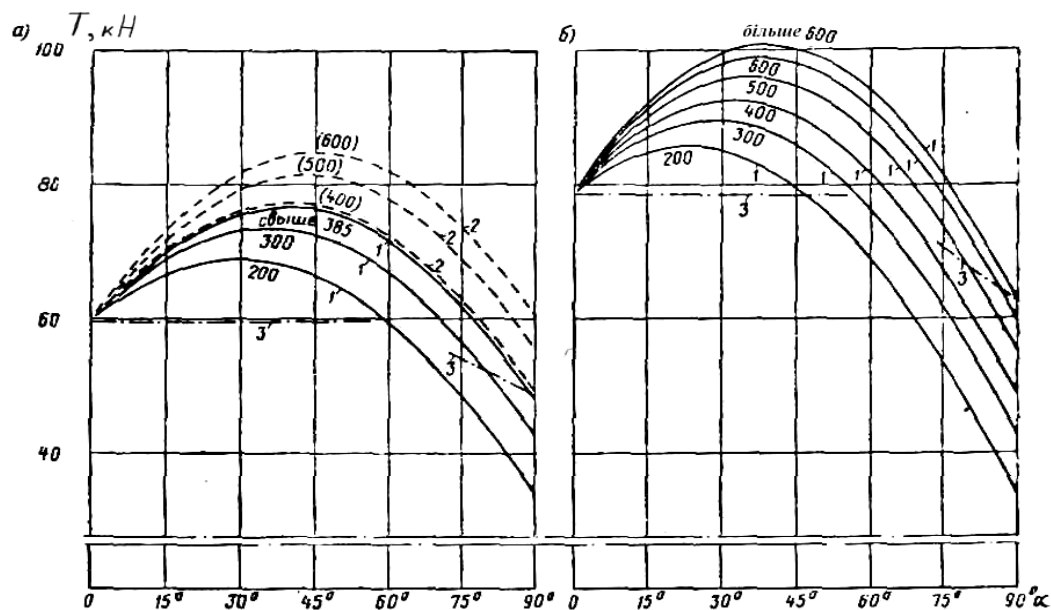
Звичайно лімітуючою виявляється формула (6); формула (7) може мати практичне значення при застосуванні анкерів з маловуглецевої сталі у високоміцному бетоні.

При $\alpha = 90^\circ$ ці вирази перетворюються у формули (2) і (4), рекомендовані для вертикальних гнучких упорів.

На рис.1 приведено зіставлення розрахункових зсуваючих зусиль, що сприймаються однією гілкою анкера діаметром 20 мм по викладених нових рекомендаціях і по колишніх рекомендаціях.

Приведені в літературних джерелах дані по міцності анкерів на дію зсуваючої сили мають великий розкид. Це пояснюється не тільки різними умовами дослідів, але і різним підходом до визначення критерію міцності. Розрахункові зсуваючі зусилля значно менше величини фізичного руйнуючого навантаження анкера. В американських нормах [3] розрахункова міцність анкерів визначається по величині остаточних деформацій зсуву, що дорівнюють 0,076мм. В англійських нормах [4] за розрахункову міцність анкерів приймають величину, що складає 80 % найменшого граничного навантаження при випробуваннях трьох зразків-близнюків.

В наших нормах [1] розрахункове значення міцності поперечних анкерів визначають з урахуванням фібрової текучості анкерів.



а) – зі Ст3; б); зі сталі Ст. 5; 1 – по формулах (6) і (7) при різних марках бетону; 2 – те ж по формулі (6) без врахування формули (7); 3 – по колишніх рекомендаціях.

Рисунок 1 – Порівняння розрахункових зсуваючих зусиль на один анкер діаметром 20 мм:

Аналіз розрахунку засобів з'єднання сталезалізобетонних конструкцій за різними методиками, показав, що вони дають різні значення несучої здатності анкерів. Тому існує потреба проведення експериментальних досліджень з метою отримання статистичних даних про несучу здатність анкерів сталезалізобетонних конструкцій для порівняння отриманих результатів з результатами розрахунку за різними методиками, і розроблення на основі цього оптимального методу розрахунку.

Список літератури

1. Стрелецкий Н.Н. "Сталезалізобетонные мосты". – М.: Транспорт, 1965. – 375 с.
2. СНиП 2.05.03-84 "Мосты и трубы" /Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 200 с.
3. Standard Specifications for Highway Bridges Seventh Edition, American Association of State Highway Officials, 1957.
4. CP 117. Concrete construction in Structural Steel and Concrete. Part I. Simply-supported Beams in Building. British Standard Institution, 1965.

Проведен анализ расчета средств соединения сталезалізобетонных конструкций по разным методикам, он показал, что они дают разные значения несущей способности анкеров. Сделан вывод о необходимости проведения экспериментальных исследований с целью получения статистических данных о несущей способности анкеров сталезалізобетонных конструкций для разработки на их основе оптимального метода расчета анкеров.

The analysis of computation of facilities of connection of reinforced concrete constructions on different methods is conducted, it showed that they gave different values to bearing strength of anchors. A conclusion is done about the necessity of conducting of experimental researches with the purpose of receipt of statistical data about bearing one power of anchors of reinforced concrete constructions for development on their basis of optimum method of computation of anchors.